

Dictionary of Environmental Technology

Author: Kunio Yoshida

Related Part (Page 690-691)

3. Incineration (Combustion)

A method for decomposing toxic substances into harmless substances is called Incineration Method. Various types of the method are known, so typical examples will be explained.

(1) Liquid Injection Method:

A liquid or a gas of waste Freon is injected into a furnace so as to decompose Freon. Various types of furnaces are used, but toxic substances are treated in a sole furnace. Usually, Freon is decomposed in the furnace at temperature of 900°C or higher, and residence time is several seconds.

(2) Rotary Kiln Method:

An equipment comprises a rotary kiln and a secondary furnace. The rotary kiln is a cylindrical furnace, whose inner diameter is about 5 m and whose length is about several meters; wastes are preheated therein so as to volatilize and decompose toxic substances. The volatilized toxic substances are completely decomposed in the secondary furnace.

Usually, waste Freon can be completely decomposed at temperature of 900°C or higher with residence time of two seconds or so. The method is capable of treating not only liquids and gasses but also solid wastes.

# 環境 大事典

DICTIONARY OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

監 修

東京大学名誉教授 吉 田 邦 夫

発行 工業調査会

225, HCFC-141 b, HFC-43-10 mee (C 5), ペンタフルオロプロパノール (5 FP) などが使われるが、HCFC は 2020 年に全廃する。

## 12. | 吸収式冷凍機 (Absorption Chiller)

ヒートポンプの一種で、冷媒を溶液に吸収する際の吸熱を利用する冷凍機をいう。アンモニアを冷媒として水に吸収する方式、水を冷媒として臭化リチウム水溶液に吸収させる方式などがある。フロンを使わない冷凍機として近年普及してきた。

## 4.4 フロン処理

### 1. | フロン回収 (Recycling of CFC)

使わなくなった機器からフロンを回収することはオゾン層保護に貢献する。わが国では 1997 年時点で約 130,000 トンのフロンがストックされていると推算できるが、このうち冷媒が 33% (家庭用冷蔵庫 5%, カーエアコン 17%, 業務用冷凍空調機器 11%), 発泡剤が 57% (家庭用冷蔵庫の断熱材 10%, その他 47%) 並びに洗浄剤が 9% とされる。

廃棄される冷媒は冷却凝縮または加圧凝縮による回収機で回収することができ、自動車メーカーでは 16,000 台の回収機を販売店に設置し、業務用冷凍空調機器では「冷媒フロン再生センター」にて回収した廃フロンの再利用を行っている。家庭用冷蔵庫は家電メーカーが回収機を自治体に約 300 台供与した (1995 年度)。また、自治体では 32 都道府県と 10 都市 (平成 8 年度まで) でフロン回収推進協議会を設置し、廃棄物として機器から出る廃フロンを回収する社会システムが構築されている。

発泡剤のフロンはフォームをすりつぶして中のフロンを取り出し、発生した気体中のフロン-11 を冷却凝縮または吸着により回収する装置が開発されているが、冷媒の回収よりもコストがかかる。このため、製品をリサイクルする全体プロセスの中にフロン回収を組み込むことが望まれる。

なお、フロンの回収は、フロンを使っている機器を廃棄し代替物質を使う新型機器への転換を促進する効果もある。

### 2. | フロン分解 (Decomposition of CFC)

フロンを分解してオゾン層を破壊しない安全な物質に転化することを指し、フロン分子中の炭素と結合している塩素とフッ素の結合を切断す

ることをいう。このような分解は、ハロンなどすべてのオゾン層破壊物質（ODS）にも適用でき、使用中または廃棄される ODS が大気に放出することを防ぐことになる。

フッ素-炭素間の結合は塩素-炭素間の結合より強いため、フッ素の数が多いほど分解しにくい。したがって、フロン-12（化学式  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ）はフロン-11（同  $\text{CCl}_3\text{F}$ ）より分解が困難となり、4 原子のフッ素が炭素と結合した  $\text{CF}_4$  分子は高いエネルギーを与えないと分解しないとされる。一般的に、フロンを構成する炭素原子は二酸化炭素に、フッ素や塩素はフッ化水素や塩化水素にそれぞれ転化する方法をとる。後者のフッ化水素や塩化水素はアルカリで中和する。

分解には様々な方法が開発されているが、現在実用化されているのは、焼却法、セメントキルン法、高周波プラズマ法などである。モントリオール議定書では、液体注入法、ロータリキルン法、ガスフューム酸化法、都市ごみ焼却法（以上をまとめて、焼却法ともいう）、セメントキルン法、高周波プラズマ法、リアクタクラッキング法の七つの方法を分解技術として認定した。主な分解方法は別掲したが、リアクタクラッキング法は、水素を酸素で燃焼する酸水素炎にフロンを投じる方法で、ドイツで開発した技術である。また、都市ごみ焼却炉は、ウレタンフォームの中に包含されたフロンのように、内蔵されるフロンを分離できない廃棄物にのみ適用できる。

分解反応で注意すべき点は、フロンの分解率、汚染物質の発生並びに処理容量である。分解率はできるだけ高いことが望まれ、一般に 99.99% 以上の分解率が達成されている。また、分解で発生する大気、水質、廃棄物への汚染物質については、たとえば、大気では一酸化炭素、塩化水素、フッ化水素、粉じん、ダイオキシンの排出を抑制すべきである。さらに、処理容量が大きいこと、装置の設置や運転について経済性があることも装置の開発や普及にとって重要である。

わが国でも基礎から実用まで様々な検討がなされているが、現在実用化されている技術は焼却法、セメントキルン法、プラズマ法、触媒法、化学薬剤法などに分類され、1998 年 3 月段階で全国 21 ヶ所以上で廃フロンの分解が行われている。

### 3. 焼却法（燃焼法）(Incineration, Combustion)

燃焼により有害物質を分解無害化する技術を焼却法と呼ぶ。様々なタイプがあるが代表的な方法を述べる。

(1) 液体注入法：燃焼炉に液体や気体の廃フロンを注入して分解す

る装置をいう。炉の形式によって名称が異なるが、単独の燃焼炉だけで構成され、有害物質を処理する装置を総称する。通常、炉内温度を900℃以上とし、滞留時間を数秒にすればフロンを分解できる。

(2) ロータリキルン法：回転キルンと二次燃焼炉で構成される装置を指す。回転キルンとは内径5 m程度で長さ数 m以上の円筒型炉であり、投入された廃棄物を予熱して有害物質を揮発しながら一部を分解する。揮発した有害物質は後段の二次燃焼室にて完全に分解される。通常900℃以上、滞留時間2秒程度で廃フロンを分解できる。気体や液体だけではなく固体状の廃棄物も処理できる点が特徴である。

(3) 都市ごみ焼却炉：紙くず、厨芥物などの様々な固形の都市ごみを焼却処理する。通常、ごみをホッパから投入し火格子上で燃焼させるストーカ炉が使われる。モントリオール議定書では、ウレタンフォームのように製品の内部に断熱用としてフロンが封入された廃棄物に対してのみ都市ごみ焼却炉が適用できる。

どの方法についてもフロンを焼却する際に発生するフッ素から炉壁の耐火物の腐食を防ぐため、フロン投入量を1～2容量%程度に抑える。フロン燃焼炉では4容量%程度を供給する例もある。

#### 4. セメントキルン法 (Cement Kiln)

セメントの製造装置を使って廃フロンを分解する方法をいう。セメントキルンではあらかじめ仮焼した、原料の石灰石、粘土、ケイ石などを、回転キルンと呼ばれる内径約5 m、長さ約100 mの円筒型の炉に送り込む。水平より少し傾斜させた回転キルンの上部から入ったセメント原料はキルン内の傾斜に沿って下方に移動しながら原料の混合と焼成が行われる。

キルンの温度は1,450℃以上であるため、ここに廃フロンを投入すると分解できる。ほかの分解法とは異なり、生成するフッ化水素や塩化水素はアルカリ性のセメントに中和吸収されるため、これらの酸に対する排ガス処理が不要である。なお、セメント製品は塩素含有率の上限を200 ppmとする日本工業規格（たとえば、JIS R 5210-1992）があり、廃フロンの処理容量を制限する。わが国では1993年に41工場でポルトランドセメントと混合セメントを合計約9,500万トン製造している。

#### 5. プラズマ法 (Plasma Decomposition)

原子や分子から電子が遊離し元の原子・分子が陽イオンとなり電子の陰イオンとが混在した状態をプラズマ状態と呼ぶ。人工的にプラズマ状

態を作り出すには放電を利用するのが一般的であり、方法によってアーク（直流）プラズマ、高周波プラズマ、コロナ放電、バリア放電など様々な形式のプラズマ装置が開発されており、プラズマ温度などの特性も形式により異なる。

フロンの分解で実用化されているのは高周波プラズマとアークプラズマであり、この二つのタイプはわが国でも実用化している。また、基礎研究としてコロナ放電プラズマなどが検討されている。廃フロンを分解する高周波プラズマ装置はわが国独自の開発技術であり、直径約6 cm、長さ約30 cmの円筒管の外側に3~4回転のコイルを巻きつけ、コイルに数MHzの高周波を通電すると円筒管の内部に高周波プラズマが発生することを原理としている。円筒管内部に廃フロンと水蒸気を連続的に通過させると数千度以上のプラズマフレームによりフロンの分解ができる。分解ガスを水中に通すことで生成したフッ化水素や塩化水素が水溶液として吸収除去され、その後の排ガスはスクラバや活性炭除去塔で浄化される。また、酸性の水溶液はアルカリで中和される。実用装置では廃フロンを年間120トン以上処理できる。なお、オーストラリアではアークプラズマによるハロンの分解が実施されている。